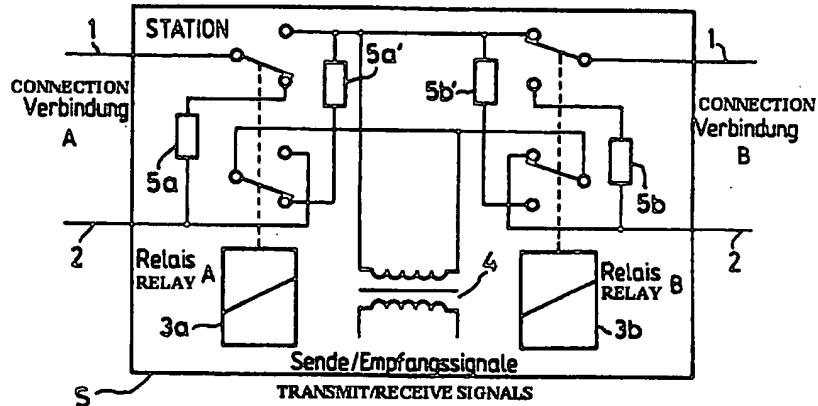




(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : H04L 12/437, 12/40		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 95/24087 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 8. September 1995 (08.09.95)
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH95/00037</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 22. Februar 1995 (22.02.95)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 606/94-5 2. März 1994 (02.03.94) CH</p> <p>(71) Anmelder: CERBERUS AG [CH/CH]; CH-8708 Männedorf (CH).</p> <p>(72) Erfinder: RÜEGG, Martin; Mainfelderstrasse 50, CH-8645 Jona (CH). WEBER, Mark; Grütrainstrasse 973, CH-8634 Hombrechtikon (CH).</p>		<p>(81) Bestimmungsstaaten: CN, JP, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht.</p>	
<p>(54) Title: COMMUNICATION NETWORK WITH SEVERAL STATIONS AND METHOD OF OPERATING IT</p> <p>(54) Bezeichnung: KOMMUNIKATIONSNETZ MIT MEHREREN STATIONEN UND VERFAHREN ZU DESSEN BETRIEB</p> <p>(57) Abstract</p> <p>The communication network comprises a bus (1, 2) wired after the manner of a ring which can be broken at any point and closed by resistors (5a, 5a', 5b, 5b') and several stations (S) connected by the bus. Each station (S) has two relays (3a, 3b) to separate the connections (A, B) to the neighbouring stations and to each relay (3a, 3b) are allocated two resistors (5a, 5a', 5b, 5b') which form the terminating resistors with the relays separated. During operation the stations (S) transmit presence telegrams, the absence of which indicate the breakdown of the station concerned and triggers the switchover of the relays (3a, 3b) of all the stations to the separated setting. The stations then test the connections by alternately switching the relays over and transmitting telegrams. The selection of the relays to be switched over and the selection of the duration of the connection test is arbitrary. A connection recognised as faulty is cut out of the network by switching over the two neighbouring relays into the separated position.</p> <p>(57) Zusammenfassung</p> <p>Das Kommunikationsnetz enthält einen Bus (1, 2), der in der Art eines an beliebiger Stelle auftrennbar und mit Widerständen (5a, 5a'; 5b, 5b') abschliessbaren Ringes verdrahtet ist, und mehrere durch den Bus verbundene Stationen (S). Jede Station (S) weist zwei Relais (3a, 3b) zur Auf trennung der Verbindungen (A, B) zu den Nachbarstationen auf und jedem Relais (3a, 3b) sind zwei Widerstände (5a, 5a'; 5b, 5b') zugeordnet, die in der Auf trennstellung des Relais die Abschlusswiderstände bilden. Im Betrieb des Busnetzes senden die Stationen (S) Präsenztelegramme aus, deren Ausbleiben den Ausfall der betreffenden Station anzeigt und das Umschalten der Relais (3a, 3b) aller Stationen in die Auf trennstellung auslöst. Anschliessend testen die Stationen durch abwechselndes Umschalten der Relais und Aussendung von Telegrammen die Verbindungen. Dabei erfolgt die Auswahl der umzuschaltenden Relais und die Wahl der Zeitdauer für den Test der Verbindungen zufällig. Eine als gestört erkannte Verbindung wird durch Umschalten der beiden benachbarten Relais in die Auf trennstellung aus dem Netz herausgeschnitten.</p>			



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

Kommunikationsnetz mit mehreren Stationen und Verfahren zu dessen Betrieb

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Kommunikationsnetz mit mehreren Stationen und mit einem diese verbindenden Bus.

Derartige Kommunikationsnetze werden beispielsweise zur Verbindung von Zentralen und Terminals von Überwachungssystemen verwendet, wobei an das Netz sehr hohe Anforderungen hinsichtlich der Zuverlässigkeit gestellt werden. So verlangt beispielsweise die Norm EN54 eine sogenannte Auffallsicherheit, was bedeutet, dass Alarne auch bei Kabelbruch oder Kabelkurzschluss angezeigt werden müssen, und dass bei Auftreten eines Kurzschlusses oder einer Unterbrechung auf einer Verbindungsleitung die Kommunikation nur über eine relativ kurze Zeit unterbrochen sein darf.

Durch die Erfindung soll nun ein Kommunikationsnetz angegeben werden, das diese Anforderungen erfüllt, bei dem also Störungen der genannten Art einerseits als solche erkannt werden und andererseits in kurzer Zeit automatisch behoben werden können.

Das erfindungsgemäße Kommunikationsnetz ist dadurch gekennzeichnet, dass der Bus in der Art eines an beliebiger Stelle auftrennbaren und mit Widerständen abschliessbaren Ringes verdrahtet ist, dass jeder Station zwei Relais zur Auf trennung der Verbindungen zu den Nachbarstationen und jedem Relais zwei Widerstände zugeordnet sind, die in der Auf trennstellung des Relais die Abschlusswiderstände bilden.

Die Erfindung betrifft weiter ein Verfahren zum Betrieb des genannten Kommunikationsnetzes, dessen Stationen laufend über den Bus miteinander kommunizieren und zyklisch Präsenztelegramme aussenden.

Das erfindungsgemäss Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass bei einem durch das Ausbleiben von Präsenztelegrammen angezeigten Ausfall einer Station die beiden Relais aller Stationen in die Auf trennstellung geschaltet und dadurch alle Verbindungen geöffnet werden, dass anschliessend die Stationen zur Erkennung des gestörten Leitungsstücks durch abwechselndes Umschalten der Relais und Aussenden von Telegrammen die Verbindungen testen, wobei die Auswahl der umzuschaltenden Relais und die Wahl der Zeitdauer für den Test der Verbindungen zufällig erfolgt, und dass eine als gestört erkannte Verbindung durch Umschalten der beiden benachbarten Relais in die Auf trennstellung aus dem Netz herausgeschnitten wird.

Das erfindungsgemäss Kommunikationsnetz ist also unterbrechungsfest (Kurzschluss oder Unterbrechung einer Leitung) und benötigt zur Detektion von Störungen dieser Art keine spezielle Kurzschluss- oder Unterbrechungs-Detektions-Hardware. Das Verfahren zum Betrieb dieses Kommunikationsnetzes beruht auf der Grunderkenntnis, dass eine Störung der genannten Art zum Ausfall der Kommunikation führt, so dass von der betreffenden Station keine Präsenztelegramme mehr empfangen werden können. Um den Ort der Störung zu lokalisieren, lässt man den Bus durch Auf trennung der Verbindungen durch die Relais auseinanderfallen und hat dadurch nur noch einzelne, nicht mehr miteinander verbundene Stationen. Nun verbindet man die Stationen schrittweise neu, wobei durch das schrittweise Vorgehen der Ort der Störung erkannt und die entsprechende Verbindung aus dem Netz herausgeschnitten wird.

Eine erste bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemässen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass zum Verbindungsneuaufbau nach einer Störung eine Station eines ihrer Relais umschaltet und eine Verbindungsaufnahme mit der betreffenden Nachbarstation versucht und sich bei Gelingen des Versuchs mit dieser Nachbarstation zu einem Teilnetz zusammenschliesst, dass sich die so gebildeten Teilnetze in gleicher Weise paarweise zusammenschliessen, und dass diese Schritte so lange wiederholt werden, bis nur noch ein einziges, alle Stationen verbindendes Netz vorhanden ist.

Eine zweite bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemässen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass zum Verbindungsneuaufbau nach einer Störung die Stationen die Verbindungen daraufhin überprüfen, ob sie funktionstüchtig oder defekt sind, dass unter den Stationen, welche die Überprüfung abgeschlossen haben, eine Station bestimmt wird, die ein Relais in der Auf trennstellung hält, und die Relais der anderen Stationen ihre Verbindungen schliessen, und dass die Relais zu einer defekten Verbindung in die Auf trennstellung gebracht werden.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels und der Zeichnungen näher erläutert; es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Station,

Fig. 2 eine schematische Darstellung des Verhaltens der Stationen beim Auftreten einer Störung der Verbindungsleitung,

Fig. 3a - 3c Diagramme verschiedener Netzwerkkonfigurationen,

Fig. 4 ein State Diagramm eines ersten Verfahrens für den Netzaufbau nach einer Störung,

Fig. 5 ein State-Event-Diagramm eines zweiten Verfahrens für den Netzaufbau nach einer Störung; und

Fig. 6, 7 Details des Diagramms von Fig. 5.

In Fig. 1 ist eine Station S dargestellt, die an einen zwei Eingänge aufweisenden und durch zwei Leitungen 1, 2 symbolisierten Bus angeschlossen ist. Die beiden Bus-Eingänge können über je ein Relais 3a bzw. 3b mit einem Ein-/Ausgangsübertrager 4 der Station S verbunden sein oder mit einem Widerstand 5a, 5a' oder 5b, 5b' abgeschlossen werden. Die Relais 3a und 3b sind zwischen zwei Stellungen, einer Auf trennstellung und einer Verbindungsstellung, umschaltbar. In der Auf trennstellung ist die Verbindung über das jeweilige Relais aufgetrennt oder geöffnet (siehe Relais 3a), und in der Verbindungsstellung ist sie geschlossen (siehe Relais 3b).

Dadurch ist es möglich, aus einem als Ring verdrahteten Netzwerk einen Bus mit abgeschlossenen Enden zu konfigurieren, wobei in einem intakten System nur eine Station eines ihrer Relais 3a oder 3b in die Auf trennstellung bringen und damit eine Verbindung öffnen darf. Durch die beiden Relais 3a, 3b kann die Station S den Bus 1, 2 nach Belieben nach links bzw. rechts unterbrechen; darstellungsgemäß ist die Verbindung A, das ist die Verbindung nach links, unterbrochen.

Der Buszugriff erfolgt nach dem CSMA/CD-Verfahren (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection, was etwa heisst Vielfach-Zugriff auf einen Träger mit Abhören und mit Kollisionsfeststellung). Bei diesem Verfahren horcht eine Station, die senden will, den Träger ständig danach ab, ob auf ihm bereits Verkehr stattfindet. Ist dies nicht der Fall, so nimmt die Station an, das Senderecht zu besitzen und beginnt mit der Sendung. Entdeckt sie während einer eigenen Sendung auf der Leitung Signale, die nicht ihren Sendesignalen entsprechen, dann nimmt sie an, dass eine Kollision vorliegt und bricht die Sendung ab. Ein erneuter Zugriff auf die Leitung ist erst nach einer von einem Zufallsgenerator bestimmten Verzögerung zulässig.

Wenn nun eine Störung in der Art eines Kurzschlusses oder einer Kabelunterbrechung auftritt und dadurch die Kommunikation gestört ist, kann durch Betätigung der richtigen Relais dafür gesorgt werden, dass das die Störung aufweisende Teilstück nicht verwendet wird. Auf diese Weise kann der Bus eine Störung umgehen, wobei die Schwierigkeit darin besteht, auf welche Weise die richtige Stellung der Relais in möglichst kurzer Zeit herausgefunden werden kann, ohne dass spezielle Störungsdetektoren oder Störungsanzeiger erforderlich sind.

In Fig. 2 sind die beiden Hälften von zwei benachbarten, über ein Leitungsstück L miteinander verbundenen Stationen S1 und S2 dargestellt, und zwar von der einen Station S1 deren Relais 3b zur Verbindung B und von der anderen Station S2 deren Relais 3a zur Verbindung A. Im Fall eines Defekts im Leitungsstück L bringen die angrenzenden

Stationen S1 und S2 das entsprechende Relais 3b bzw. 3a in die Auf trennstellung. Durch werden die beiden Verbindungen B und A geöffnet, und das defekte Leitungsstück wird vom Bus 1, 2 abgetrennt. Der Bus 1, 2 ist nun an der defekten Stelle, im Bereich des Leitungsstücks L, aufgetrennt und an der Station S1 durch den Widerstand 5b' und an der Station S2 durch den Widerstand 5a' abgeschlossen. Wegen der ringförmigen Verdrahtung des Busses sind die Stationen S1 und S2 aber nach wie vor, und zwar hintenherum, verbunden.

In den Figuren 3a bis 3c sind verschiedene Netzwerk-Konfigurationen gezeigt, wobei die einzelnen Stationen S1 bis S3 schematisch dargestellt sind. Die Darstellung ist so gewählt, dass Stationen mit bestehenden Verbindungen A, B nur als Kästchen mit den Leitungen 1 und 2 und den Anschlüssen zum Ein-/Ausgangsübertrager symbolisiert sind, und dass die Widerstände 5a oder 5b nur bei den Stationen eingezeichnet sind, wo das Ringnetzwerk geöffnet ist. Die Relais 3a, 3b (Fig. 1) wurden weggelassen.

Fig. 3a zeigt eine normale Netzwerk-Konfiguration, bei der eine Station, darstellungs-gemäss die Station S1, das Ringnetzwerk öffnet und die beiden Enden mit den Widerständen 5a und 5a' abschliesst. Das entsprechende Relais 3a der Station S1 befindet sich in der Auf trennstellung, alle anderen Relais sind in der Verbindungsstellung. Das gestrichelt eingezeichnete Leitungsstück L' zwischen den Stationen S1 und S3 wird nicht benutzt. Dieses nicht benutzte Leitungsstück L' wird zyklisch gewechselt, damit sein eventueller Ausfall bemerkt werden kann. In Fig. 3b befindet sich das unbenutzte Leitungsstück L' zwischen den Stationen S1 und S2; die Enden des Ringnetzwerkes sind jetzt durch die Widerstände 5b und 5b' der Station S1 abgeschlossen. In Fig. 3c befindet sich zwischen den Stationen S1 und S2 ein defektes Leitungsstück L, welches von den Stationen S1 und S2 durch Betätigung der Relais 3b bzw. 3a (Fig. 2) aus dem Bus herausgeschnitten wird. Im Störungsfall befinden sich also immer zwei Relais in der Auf trennstellung. Das Netzwerk ist durch die Widerstände 5b' (Station S1) und 5a' (Station S2) abgeschlossen.

Jede Station S sendet zyklisch, vorzugsweise alle 3 Sekunden, ein Präsenztelegramm an alle anderen Stationen. Das Fehlen der Präsenztelegramme bedeutet, dass eine Station wegen einer Störung ausgefallen ist. Da keine Informationen über den Ort des Fehlers vorhanden und diese auch nicht erhältlich sind, muss zuerst versucht werden, in einen definierten Zustand zu gelangen, was vorzugsweise dadurch erfolgt, dass alle Relais aller Stationen in die Aufstrennung gebracht werden und dadurch der Bus zum Auseinanderfallen gebracht wird. Man hat nur noch einzelne, nicht mehr miteinander verbundene Stationen, und versucht nun, diese wieder miteinander zu verbinden, und zwar so, dass die Störung nicht miteingebunden wird.

Nachfolgend werden nun anhand der Fig. 4 einerseits und 5 bis 7 andererseits zwei Möglichkeiten für diesen nach einer Störung erfolgenden Netzaufbau beschrieben, der in beiden Fällen aufgrund des Fehlens von Präsenztelegrammen gestartet wird.

Netzaufbau-Verfahren 1:

Bei dem in Fig. 4 dargestellten Verfahren erfolgt der Netzaufbau so, dass eine Station zufällig eines ihrer beiden Relais 3a oder 3b auswählt und versucht, während einer ebenfalls zufälligen Zeitdauer Kontakt zu einer anderen Station zu bekommen. Gelingt ihr das, dann ist die betreffende Verbindung in Ordnung, und die suchende Station schliesst sich mit der neu gefundenen Station, oder gegebenenfalls mit den neu gefundenen Stationen, zu einem Teilnetz zusammen. Falls bereits gefundene Stationen plötzlich verschwinden (Verlust der Präsenztelegramme), dann ist die Verbindung defekt. Falls nichts passiert, also kein Kontakt hergestellt werden kann, bleibt die Verbindung unbekannt und wird später nochmals geprüft. Dann wird das andere Relais betätigt und ebenfalls wieder für eine zufällige Zeitdauer eine Verbindung zur Nachbarstation an der anderen Seite gesucht.

Weil sowohl das zu schliessende Relais als auch die Dauer für den Versuch einer Verbindungsauftnahme durch Zufall ausgewählt werden, geht es relativ schnell bis benach-

barte Stationen einander finden. Dadurch werden in einem ersten Schritt Teilnetze zu je zwei Stationen gebildet, die sich wie einzelne Stationen verhalten. Wenn diese Teilnetze dann in weiteren Schritten die Verbindungsaufnahme zu benachbarten Teilnetzen versuchen, sprechen sich die einzelnen Stationen jedes Teilnetzes untereinander ab, damit immer nur ein Ende des Teilnetzes nach neuen Stationen sucht. Wäre das nicht der Fall, dann wäre beim Auffinden einer Verbindung mit einer neuen Station nicht bekannt, welches Ende des Teilnetzes die Verbindung gefunden hat. Somit wäre auch nicht bekannt, welche der beiden möglichen Verbindungen eine gute Verbindung ist. Es schliessen sich immer mehr Teilnetze auf die beschriebene Art zusammen, bis nur noch ein einziges alle Stationen verbindendes Netzwerk existiert, in dem das gestörte Leitungsstück nicht enthalten ist, weil weder die Station S1 (Fig. 3c) eine Verbindung zur Nachbarstation S2, noch die Station S2 eine Verbindung zur Nachbarstation S1 hatte herstellen können.

Beim Verkehr zwischen den Stationen werden die folgenden Typen von Telegrammen verwendet:

- "a": "Ich habe die Kontrolle und spiele mit meinen Relais"
- "b": "Meine Relais sind offen, ich gebe die Kontrolle ab"
- "c": Konfigurationsmeldung
- "d": Echo-Telegramm: "Ich sehe Dich und bitte um sofortige Bestätigung"
- "e": Echo-Antwort, Bestätigung für "d"
- "f": "Ich beende meinen Algorithmus und melde mich ab".

Der dem in Fig. 4 dargestellten Diagramm entsprechende Algorithmus wird in der folgenden Code-Tabelle in einem Pseudocode beschrieben. In diesem sind verschiedene Zeiten angegeben, die die folgende Bedeutung und Länge haben:

- "Timeout": Wartezeit, 100 ms
- "WTimeout": Wartezeit für Test mit Timeout < WTimeout < 230 ms
- "BTimeout": Ende des Algorithmus, Dauer etwa 8 - 10 s.

PSEUDOCODE FÜR NEUKONFIGURATION DES NETZES

Start bei Remove oder Empfang der Konfigurationsmeldung

Init: Konfigurationsmeldung auf beide Seiten separat verschicken
 beide Relais öffnen, 4 Sekunden warten
 nun weiss jeder, dass das Netz neu konfiguriert wird
 beide Verbindungen als "unbekannt" markieren, Anfangs-Relais auswürfeln, Signal ist "a".
 Weiter bei *Test*

Test: Zufällige Zeitdauer bestimmen, Relais schliessen
 warten auf New, Remove oder WTimeout
 - Falls neuer Teilnehmer erscheint (nur "a"- oder "b"-Sender):
 Verbindung als "OK" markieren, weiter bei *Verify*.
 - Falls bisheriger Teilnehmer verschwindet (nur "a"- oder "b"-Sender):
 Relais öffnen, Verbindung als "defekt" markieren
 - Falls keines meiner Relais mehr "unbekannt" ist: \Rightarrow *End*
 [Kurze Zeit warten, Wartezeit: Timeout]
 Anderes Relais auswählen, weiter bei *Test*.
 Sonst: Weiter bei *Unknown*.

Verify: Handshake mit der anderen Station, um zu verifizieren, dass sie mich auch gesehen hat (Von beiden Seiten aus! Wartezeit: Timeout)
 - Handshake ging schief: Verbindung auf "unbekannt" setzen, weiter bei *Unknown*.
 - Falls keines meiner Relais mehr "unbekannt" ist: \Rightarrow *End*
 - Falls meine Bus-Adresse tiefer als die der anderen "a"-Sender, ist mein Signal "a", sonst "b".
 Weiter bei *Get Master*.

Get Master. Warten, bis niemand mehr "a" sendet (eventuell ausser mir selbst)
 - Falls letzter fremder "a"-Sender jetzt "b" sendet: (\circ 2er Gruppe \circ)
 Mein Signal ist "a".
 "Unbekanntes" Relais auswählen (Vortritt für anderes Relais), weiter bei *Test*.
 - Falls keine anderen "b"-Sender mehr da sind:
 Mein Signal ist "a".
 "Unbekanntes" Relais auswählen (Vortritt für anderes Relais), weiter bei *Test*.
 - Falls meine Bus-Adresse tiefer ist als die der anderen "b"-Sender:
 Mein Signal ist "a".
 "Unbekanntes" Relais auswählen (Vortritt für anderes Relais), weiter bei *Test*.
 - Sonst: weiter bei *Slave*.

Slave: Mein Signal ist "b". Ich warte bis jemand "a" sendet. Weiter bei *Get Master*.

Unknown:

- Falls BTimeout:

Falls jemand "b" sendet: Relais öffnen. \Leftarrow Vorletzter Mohikaner: offen
 \Rightarrow Ende. \Leftarrow Letzter Mohikaner: Relais bleibt zu! Nur ein Relais bleibt offen.

- Falls anderes Relais "unbekannt" ist: Relais öffnen

Mein Signal ist "a".

"Unbekanntes" Relais auswählen (Vortritt für anderes Relais), weiter bei *Test*.

- Falls anderes Relais "defekt" ist: Weiter bei *Test*.

- Falls eine andere Station "b" sendet: Relais öffnen, weiter bei *Slave*.

Weiter bei *Test* (ok/unbekannt, kein anderer "b"-Sender mehr).

End: Signal ist "f".

Übergang zu Normalbetrieb: Warten, bis niemand mehr "a" oder "b" sendet.

Wartezeit bis zum Ablauf von BTimeout + Timeout

- Falls Relais x (rechts oder links) offen und "unbekannt": y öffnen, x schliessen

Handshake (Echotelegramm senden, auf Antwort warten. Wartezeit: Timeout)

ok: Relais x als "OK" markieren.

- Timeout: Relais als "defekt" markieren,

Fehlermeldung,

x öffnen, y auf vorherigen Stand setzen.

Signal ist normales Präsenztelegramm.

Ende der Code-Tabelle

Die Ausdrücke Relais "offen" oder "öffnen" und "schliessen" oder "zu" bezeichnen jeweils die Auf trennstellung bzw. die Verbindungsstellung der Relais. "Master" und "Slave" bezeichnet den, der gerade sucht, bzw. den, der gerade wartet. Wie aus Fig. 4 ersichtlich ist, existieren bei *Get Master* die beiden Möglichkeiten A und B für den weiteren Ablauf. Im Fall A läuft das Programm mit *Test* weiter. Das geschieht dann, wenn entweder der andere Master jetzt Slave ist, oder wenn es keine Slaves mehr gibt, oder wenn die eigene Bus-Adresse tiefer ist als diejenige des anderen Slave. Der Fall B "Weiter bei Slave" tritt dann ein, wenn der andere (die anderen) Master weg ist (sind) und entweder "f" oder normale Leitungstelegramme senden, und wenn es noch einen anderen Slave gibt und die eigene Bus-Adresse höher ist als die dieses anderen Slave.

Netzaufbau-Verfahren 2:

Bei dem in den Fig. 5 bis 7 dargestellten Verfahren versuchen die Stationen ebenfalls, eine Verbindung zu den Nachbarstationen herzustellen. Im Unterschied zu dem in Figur 4 dargestellten Netzaufbau-Verfahren schliessen sich aber die Stationen nicht paarweise zu Teilnetzen zusammen, sondern es prüft jede Station ihre beiden angrenzenden Verbindungen und es wird nach dieser Überprüfung eine Station bestimmt, die ein Relais in der Auf trennstellung hält. Zusätzlich zu den Verbindungen werden auch die Relais überprüft.

Eine Bus-Station kann in einem lokalen Netzwerk die folgenden Aufgaben erfüllen:

- Ring auf trennen und als Bus abschliessen: Genau eine Station in einem intakten Netzwerk muss den als Ring verdrahteten Bus auf trennen und die beiden Enden abschliessen.
- Defektes Element ab trennen: Im Fall eines Fehlers auf einer Verbindungsleitung oder bei defekter Hardware einer Station wird das defekte Element aus dem Bus-Netz heraus geschnitten.
- Verbinden: Sind die angrenzenden Verbindungen und Stationen OK, und hat eine andere Station die Funktion des Auf trennens und Abschliessens übernommen, können beide Verbindungen durch geschaltet werden.

Um den Betriebszustand zu ermitteln, muss eine Testphase definiert werden, wo Verbindungen und Relais geprüft werden. Alle Stationen sollen gleichzeitig testen und der Start der Testphase muss allen Stationen mitgeteilt werden.

Diese Anforderungen führen zu dem in Fig. 5 dargestellten State Event Diagramm, bei dem in den Kästchen jeweils ein Zustand angegeben ist. Der unterstrichene Text neben den Verbindungs linien bezeichnet ein Ereignis, und unterhalb von diesem steht die durch das Ereignis ausgelöste Aktion.

Zusätzlich zu den aus Fig. 5 ersichtlichen Zuständen existiert noch ein Service Modus (nicht eingezeichnet), der bei der Installation und beim Service von Anlagen zur Anwendung kommt, weil dort das automatische Konfigurieren von Netzwerken die Arbeit behindern könnte.

Die einzelnen Aktionen und Ereignisse haben die folgende Bedeutung:

- "benachrichtige alle anderen Stationen": Allen Stationen im lokalen Bus-Netzwerk wird der Start der Rekonfiguration durch ein Telegramm mitgeteilt.
- "teste Verbindungen und Relais": Siehe Fig. 6, die ein State Event Diagramm des Testzyklus zeigt.
- "schliesse ab": Siehe Fig. 7, die ein State Event Diagramm dieser Aktion zeigt.
- "trenne defektes Element ab": Wird eine defekte Verbindung detektiert, muss das defekte Glied abgeschnitten werden, damit sich der Fehler nicht auf das ganze Netz ausbreiten kann. Diese Isolierung des betreffenden fehlerhaften Glieds kann nur durch erneutes Konfigurieren aufgehoben werden.
- "verbinde": Die Relais 3a und 3b sind in Verbindungsstellung, die Verbindungen A und B sind mit dem Ein-/Ausgangsübertrager 4 (Fig. 1) durchverbunden.
- "Rekonfiguration gestartet": Durch Eingabe an der Tastatur der eigenen Station oder durch Empfang eines speziellen Telegramms ist die Rekonfiguration des lokalen Netzwerks gestartet worden.
- "Präsenztelegramme einer Station fehlen": Präsenztelegramme einer Station sind ausgeblieben; ein Fehler in der Verdrahtung muss vermutet werden.
- "alle Stationen sind benachrichtigt": Die anderen Stationen sind über die Rekonfiguration informiert worden. Stationen, die wegen gestörter Verbindungen keine Nachricht empfangen können, starten die Rekonfiguration aufgrund ihrer eigenen Präsenzüberwachung.
- "Relais defekt": Es wurden defekte Relais detektiert.

- "Eine Verbindung ist defekt": Innerhalb der verfügbaren Testzeit konnte nur eine Verbindung erfolgreich getestet werden; die andere Verbindung muss als defekt angenommen werden.
- "Verbindungen und Relais OK": Beide Verbindungen und die Relais konnten erfolgreich getestet werden.
- "Zwei Verbindungen defekt": Keine der beiden Verbindungen konnte erfolgreich getestet werden.
- "Eine andere Station schliesst ab": Es wurde eine Station gefunden, die sicher eine Verbindung offenhält. Damit kann die eigene Station ihre beiden Verbindungen schliessen.

Der in Fig. 6 dargestellte Testzyklus dient zum Test der beiden an eine Station anschliessenden Verbindungsleitungen. Für diesen Test wird eine Verbindung geschlossen und die andere geöffnet und dann werden Telegramme gesendet. Sobald ein Quittierungstelegramm einer Gegenstation eintrifft, gilt die entsprechende Verbindungsleitung als getestet. Nach Ablauf der zufällig bestimmten Testzeit wird die aktive Verbindung gewechselt und der Vorgang wiederholt. Zum Test der Relais werden beide Verbindungen geöffnet und ein Telegramm gesendet. Wenn trotz offener Verbindungen ein Quittierungstelegramm empfangen werden kann, muss ein Relais defekt sein. In den Fig. 6 und 7 bezeichnen so wie in der Code-Tabelle des Netzaufbau-Verfahrens 1 die Ausdrücke "Relais offen" und "Relais zu" die Auf trennstellung bzw. die Verbindungsstellung der Relais.

Es ist von grosser Wichtigkeit, dass im Netzwerk eine Verbindung offenbleibt. Daher ist jede Station, die Verbindungen und Relais erfolgreich getestet hat, für die Erfüllung dieser Bedingung verantwortlich. Sie kann aber die Aufgabe des Offenhaltens einer Verbindung an eine andere Station abgeben, und zwar entweder an eine Station mit einer tieferen Bus-Adresse, die ihre Verbindungen und Relais bereits erfolgreich getestet hat, oder an eine Station, die eine defekte Verbindung detektiert hat.

Dieser Modus ist in Fig. 7 dargestellt. Die offene Verbindung wird zyklisch, beispielsweise alle drei Minuten gewechselt, damit der Ausfall eines jeden Verbindungsstücks erkannt werden kann.

Das beschriebene Bus-Netz weist die folgenden grundlegenden Merkmale auf:

- Die Kommunikation zwischen allen Stationen des lokalen Bus-Netzwerks ist auch bei Auftreten eines Kabelkurzschlusses oder Kabelbruchs gewährleistet.
- Jede Bus-Station kann ihren Signalübertrager über Relaiskontakte wahlweise mit der Leitung A oder B verbinden. Offene Enden werden mit Widerständen abgeschlossen.
- Das Netzwerk ist als Ring verdrahtet, wodurch eine redundante Verbindung entsteht, die bei einem Kabeldefekt eingesetzt werden kann. Durch Öffnen einer Verbindung entsteht aus dem Ring ein Bus.
- Der zusätzliche Hardware-Aufwand für die Unterbrechungssicherheit ist minimal und beträgt pro Station zwei Relais und vier Widerstände.
- Der Zustand der Verbindungsleitung wird mit Hilfe von Präsenztelegrammen überwacht, die zyklisch in kurzen Abständen gesendet werden. Jede Station überwacht die Präsenz aller anderen Stationen.
- Bei Fehlen mehrerer Präsenztelegramme wird in jeder Station automatisch ein Trenn-Verfahren gestartet, das das Ausschneiden von defekten Elementen und das korrekte Abschliessen des Busses sicherstellt.
- In einem korrekt verdrahteten Netz ist genau eine Verbindung offen; der Ring ist an dieser Stelle unterbrochen und als Bus abgeschlossen.
- Bei Auftreten eines Kabelfehlers werden die an das defekte Kabel anschliessenden Relais aktiviert. Der restliche Bus wird korrekt abgeschlossen; alle Stationen sind miteinander verbunden und können miteinander kommunizieren.

Das anhand der Figuren 5 bis 7 beschriebene Trenn-Verfahren (Netzaufbau-Verfahren 2) zeichnet sich durch folgende Hauptmerkmale aus:

- Eine Verbindung wird durch Senden und Empfangen von speziellen Telegrammen getestet. Diese Testtelegramme werden an alle Stationen gesendet und von jeder mit Trenn-Relais ausgerüsteten Station quittiert.
- Die Funktion der Relais wird überprüft, indem bei bei offenen Verbindungen, d. h. Relais in Auf trennstellung, ein Telegramm verschickt wird. Wird trotz offener Verbindungen ein Quittierungstelegramm einer Nachbarstation empfangen, muss ein Relais defekt sein.
- Durch zufälliges Umschalten der Relais während der Testphasen ist jede Station mit einer bestimmten statistischen Sicherheit durch ihre beiden Nachbarstationen ansprechbar, ohne dass durch Schliessen beider Verbindungen (Umschalten der Relais von der Auf trenn- in die Verbindungsstellung) ein eventueller Fehler importiert wird.
- Eine Station schaltet nur dann beide Relais in die Verbindungsstellung, wenn beide Verbindungen geprüft und als gut befunden worden sind, und wenn gleichzeitig eine andere Station bekannt ist, die sicher ein Relais in Auf trennstellung, also eine Verbindung offen hält
- Ein Relais zu einer defekten Verbindung wird bis zu einer manuell ausgelösten Rekonfiguration in seiner Auf trennstellung gehalten.
- Bei intaktem Netz hält immer die Station mit der tiefsten (logischen) Bus-Adresse eine ihrer Verbindungen offen.

Patentansprüche

1. Kommunikationsnetz mit mehreren Stationen und mit einem diese verbindenden Bus, dadurch gekennzeichnet, dass der Bus (1, 2) in der Art eines an beliebiger Stelle auftrennbaren und mit Widerständen abschliessbaren Ringes verdrahtet ist, dass jeder Station (S1, S2, S3) zwei Relais (3a, 3b) zur Auftrennung der Verbindungen zu den Nachbarstationen und jedem Relais zwei Widerstände (5a, 5a', 5b, 5b') zugeordnet sind, die in der Auftrennstellung des Relais die Abschlusswiderstände bilden.
2. Kommunikationsnetz nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich bei intaktem Netzwerk ein Relais (3a, 3b) einer der Stationen (S1, S2, S3) in Auftrennstellung befindet.
3. Kommunikationsnetz nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass bei Auftreten eines Kabelfehlers durch Umschalten der an das defekte Kabel (L) anschliessenden Relais (3a, 3b) in die Auftrennstellung das defekte Kabel aus dem Netzwerk herausgeschnitten und der restliche Bus abgeschlossen wird.
4. Verfahren zum Betrieb des Kommunikationsnetzes nach Anspruch 1, dessen Stationen laufend über den Bus miteinander kommunizieren und zyklisch Präsenztelegramme aussenden, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem durch das Ausbleiben von Präsenztelegrammen angezeigten Ausfall einer Station (S1, S2, S3) die beiden Relais (3a, 3b) aller Stationen in die Auftrennstellung geschaltet und dadurch alle Verbindungen geöffnet werden, dass anschliessend die Stationen zur Erkennung des gestörten Leitungsstücks durch abwechselndes Umschalten der Relais und Aussenden von Telegrammen die Verbindungen testen, wobei die Auswahl der umzuschaltenden Relais und die Wahl der Zeitdauer für den Test der Verbindungen zufällig erfolgt, und dass eine als gestört erkannte Verbindung durch Umschalten der beiden benachbarten Relais in die Auftrennstellung aus dem Netz herausgeschnitten wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass zum Verbindungsneuaufbau nach einer Störung eine Station (S1, S2, S3) eines ihrer Relais (3a, 3b) umschaltet und eine Verbindungsaufnahme mit der betreffenden Nachbarstation versucht und sich bei Gelingen dieses Versuchs mit dieser Nachbarstation zu einem Teilnetz zusammenschliesst, dass sich die so gebildeten Teilnetze in gleicher Weise paarweise zusammenschliessen, und dass diese Schritte so lange wiederholt werden, bis nur noch ein einziges, alle Stationen verbindendes Netz vorhanden ist.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass sich beim Versuch der Verbindungsaufnahme zwischen einzelnen Teilnetzen die Stationen (S1, S2, S3) jedes Teilnetzes darüber absprechen, welches Ende des Teilnetzes jeweils eine Verbindungsaufnahme versucht.
7. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass zum Verbindungsneuaufbau nach einer Störung die Stationen (S1, S2, S3) die Verbindungen (A, B) daraufhin überprüfen, ob sie funktionstüchtig oder defekt sind, dass unter den Stationen, welche die Überprüfung abgeschlossen haben, eine Station bestimmt wird, die ein Relais in der Auf trennstellung hält, und die Relais der anderen Stationen ihre Verbindungen schliessen, und dass die Relais zu einer defekten Verbindung in die Auf trennstellung gebracht werden.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass jede Station (S1, S2, S3) ihre beiden Relais (3a, 3b) erst dann in die Verbindungsstellung schaltet, wenn einerseits beide Verbindungen (A, B) erfolgreich überprüft sind und andererseits eine Station bestimmt worden ist, die sicher eines ihrer Relais in der Auf trennstellung hält, wobei diese Station entweder eine tiefere Bus-Adresse aufweist als die jeweils andere Station oder eine defekte Verbindung detektiert hat.

9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich zu den Verbindungen (A, B) auch die Relais (3a, 3b) überprüft werden, wobei jede Station (S1, S2, S3) bei aufgetrennten Verbindungen mit den Relais in der Auf trennstellung ein Testtelegramm sendet und den Empfang einer Quittierung dieses Testtelegramms von einer anderen Station als Störung eines Relais interpretiert.

1/6

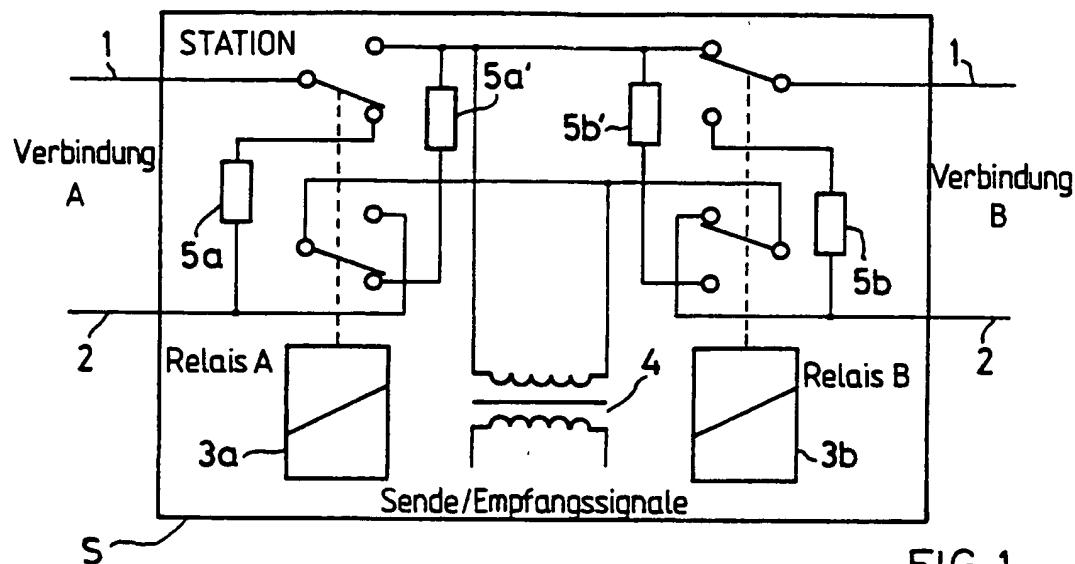


FIG. 1

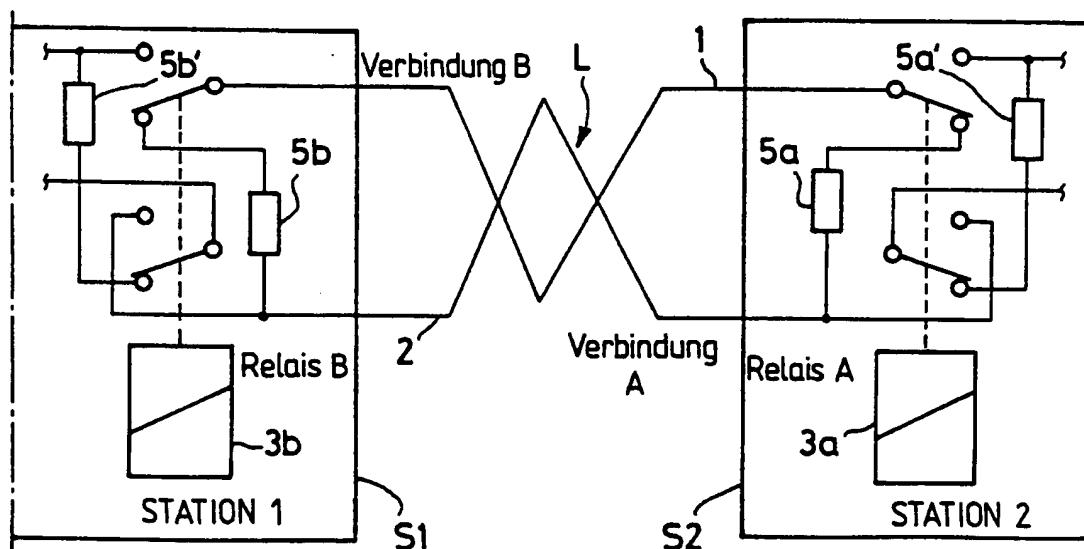


FIG. 2